

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-223516

(P2001-223516A)

(43)公開日 平成13年 8月17日 (2001.8.17)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-マコ-ト [*] (参考)		
H 0 1 Q	3/26	H 0 1 Q	3/26	Z	5 J 0 2 1
H 0 4 B	1/10	H 0 4 B	1/10	W	5 K 0 5 2
	7/26		7/26	B	5 K 0 6 7
// H 0 4 B	7/216		7/15	D	5 K 0 7 2

審査請求 有 請求項の数 6 O L (全 14 頁)

(21)出願番号 特願2000-33882(P2000-33882)

(22)出願日 平成12年 2月10日 (2000.2.10)

(71)出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目 7 番 1 号

(72)発明者 高井 謙一

東京都港区芝五丁目 7 番 1 号 日本電気株式会社内

(74)代理人 100082935

弁理士 京本 直樹 (外 2 名)

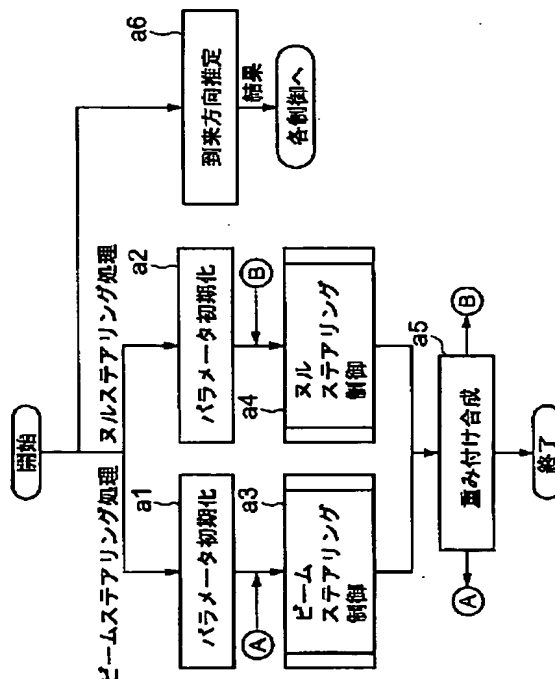
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 適応アンテナ装置

(57)【要約】

【課題】適応アンテナ装置を実用化するにあたって①急激な伝搬環境への対応、②適応アンテナとしての性能の維持、③伝搬環境に適したアルゴリズムの採用という3点に注目し、これらを同時に克服するためにビームステアリング制御とマルチステアリング制御の欠点を補いつつ、両者を併用する方式を提供する。

【解決手段】複数のアルゴリズムに対応したCPUとメモリと指向性生成部をベースバンド変調部とベースバンド復調部に設け、ビームステアリング処理とマルチステアリング処理と到来方向推定処理を並列に行い、到来方向推定処理結果をビームステアリング処理とマルチステアリング処理のパラメータに反映させつつ、ビームステアリング処理結果とマルチステアリング処理結果を重み付け合成処理する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 複数のアンテナアレーと、当該アンテナアレーと接続された基地局装置とを有する適応アンテナにおいて、前記複数のアンテナアレーは、空間的に配置された各アンテナエレメントを有し、前記基地局装置は、各アンテナエレメントに入出力する無線信号の振幅と位相を変化させることにより、通信電波が到来する指定された範囲と方向に対して無線エネルギーを増大すると同時に干渉電波が到来する範囲と方向に対して無線エネルギーを相殺するように複数のアンテナアレーによって合成された指向特性を形成する手段を有し、前記合成された指向特性は、狭ビームを形成してアンテナ利得の最大部分を通信電波の到来方向に向ける制御を行うビームステアリング指向性制御手段と、アンテナ利得の急激な落ち込み部分を干渉電波の到来方向に向けると同時にアンテナ利得の高い部分を通信電波の到来方向に向ける制御を行うヌルステアリング指向性制御手段を併用すると共に、前記基地局装置の受信部において、前記ビームステアリング指向性制御で形成したビームで受信する信号とヌルステアリング指向性制御で形成したビームで受信する信号とを重み付け合成する手段を有することを特徴とする適応アンテナ装置。

【請求項2】 前記ビームステアリング指向性制御手段とヌルステアリング指向性制御手段は、当該制御手段と同時または微小時間毎交互に時分割で実行される到来方向推定手段を有し、前記到来方向推定手段は、前記複数のアンテナアレーで受信されて得られる異なる振幅と位相の受信波から所望波の到来方向を推定し、当該推定結果を前記ビームステアリング指向性制御手段とヌルステアリング指向性制御手段のパラメータ情報である角度プロファイルとすることを特徴とする請求項1記載の適応アンテナ装置。

【請求項3】 前記ビームステアリング指向性制御手段は、目的とするビーム幅と、ビームを向ける方向を決定するための角度プロファイルと、過去から継続して制御を行う時のみ前回使用したビーム幅や角度プロファイルのパラメータを制御情報として入力し、前記制御情報を基に指向性パターンを作成することを特徴とする請求項1記載の適応アンテナ装置。

【請求項4】 前記ヌルステアリング指向性制御手段は、ビームを向ける方向を決定するための角度プロファイルと、過去から継続して制御を行う時のみ前回使用した角度プロファイルのパラメータを制御情報として入力し、前記制御情報を基に指向性パターンを作成することを特徴とする請求項1記載の適応アンテナ装置。

【請求項5】 前記基地局装置の受信部におけるビームステアリング指向性制御で形成したビームで受信する信号とヌルステアリング指向性制御で形成したビームで受信する信号とを重み付け合成する前に、予め決められたしきい値と比較を行い、しきい値を上回っていれば重み

付け合成処理を行い、しきい値を下回っていれば重み付け合成処理を行わずに一定時間の遅延処理を行い再びしきい値との比較処理を繰り返す手段を有することを特徴とする請求項1記載の適応アンテナ装置。

【請求項6】 前記基地局装置における合成された指向特性を形成するブロック構成は、ビームステアリング制御を行う指向性生成部とCPU（中央制御部）とメモリを有する構成と、ヌルステアリング制御を行う指向性生成部とCPU（中央制御部）とメモリを有する構成を併設することを特徴とする請求項1記載の適応アンテナ装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、移動通信システムで用いられる適応アンテナ装置に関し、特に、CDMA（code division multiple access）方式の移動通信システム（セルラーシステム）で用いられる適応アンテナにおける制御方式に関する。

【0002】

【従来の技術】無線通信は自由空間を伝搬する媒体として電波を使用するという性質上、複数の通信端末が同時に通信を行った場合、目的とする通信端末以外からの電波または目的の通信端末以外への電波が互いに干渉となり、双方の通信品質が低下するという基本的な問題が発生する。

【0003】このような問題を解決し、かつ無線周波数資源を有効利用するために、干渉を防ぎつつ同時に複数の通信を可能とするFDMA（Frequency Division Multiple Access：周波数分割多元接続）方式やTDMA（Time Division Multiple Access：時分割多元接続）方式、さらにはCDMA方式と言った多重通信方式が考えられている。

【0004】いずれの方式も理想的には複数の通信端末が干渉なく互いに通信することが可能であるが、実際の環境下においては周波数利用効率をできるだけ向上させるための技術的影響や伝搬環境による影響等の問題に起因する通信条件の不完全性から、少なからず干渉が発生してしまうのが実情である。

【0005】これらの多重通信方式において、CDMA方式は自己相関が高く相互相関が低くなる直交符号（もしくは擬似雑音）を各通信端末に割り当てて区別をすることにより、全ての通信端末が同じ周波数を使用することができるといった特徴を持っている。

【0006】しかしながら、特に移動通信システムのような通信端末の移動に伴い、伝搬環境が絶えずしかも急激に変化する条件下では符号の直交性がくずれやすく、互いの通信が干渉になり通信品質を劣化させるという問題が発生しやすい。このため、CDMA方式を移動通信

に採用する場合には各通信端末の受ける干渉を均等に保つための送信電力制御や、遅延時間の異なる複数のマルチパス伝搬波を有効に利用するためのR A K E受信およびパス捕捉等の技術が実用上不可欠となっている。

【0 0 0 7】一方、CDMA方式を採用した移動通信システムにおける通信品質の向上や周波数利用効率の向上を目的とした適応アンテナの技術が注目を浴びている。適応アンテナとは複数のアンテナエレメントを規則的に配列し、各アンテナエレメントで受信されて得られる異なる振幅・位相の受信波各々に対して適切な振幅・位相成分に関する重み付けをすることにより、空間的なフィルタを形成するものである。具体的には、目的とする通信端末の存在する方向にはアンテナ利得を高く設定し、干渉波のレベルが高い方向にはアンテナ利得を低く設定すると共にこのような設定を伝搬環境に応じて時々刻々と柔軟に変化させる技術である。

【0 0 0 8】このようにしてCDMA方式を採用した移動通信システムでは適応アンテナの指向性を利用して空間的に分離することにより、同じ周波数上で通信している複数の通信端末における符号の直交性のずれや互いの干渉を減少させ、結果として周波数の利用効率を上げることが可能となる。

【0 0 0 9】ところが、上述のとおり移動通信システムにおいては通信端末の移動に伴い伝搬環境が急激に変化するため、逐一発生する変化に適応アンテナを追従させるには正確な伝搬情報の捕捉と、その情報を処理するための非常に高速な演算処理能力が要求される。最近の研究におけるシミュレーションレベルでは十分な性能が発揮できても、実用面ではそれにかろう処理能力を実装するのが困難であることが多く、またそれぞれの伝搬環境に適した指向性制御方法を適用することも必要となってくる。

【0 0 1 0】このような従来例として、ビームステアリング制御のみを用いた場合を説明する。図1 5は従来のビームステアリング制御のみで形成されたビームを利用した移動通信システムの基地局におけるアンテナ指向特性を示した動作概念図である。図1 5に示すように、セル（基地局のサービスエリア）をいくつかに分割したエリアはセクタと呼ばれ、図1 5では1つのセルを3つに分割した3セクタ構成を例として示している。

【0 0 1 1】それぞれのセクタをセクタ3 0 0、セクタ3 0 1、セクタ3 0 2とし、通信端末はセクタ3 0 0内にいるものとしている。3 0 5は通信端末と基地局間の障害物を示し、図中U 0は障害物3 0 5がない場合の通信端末からの所望波の到来方向を示し、I 0、I 1、I 2、I 3、I 4はそれぞれ干渉波の到来方向を示している。そして、複数のビーム（いずれもビームステアリング制御により形成された狭ビーム）3 0 7、ビーム3 0 8、ビーム3 0 9により所望波の到来方向U 0を包括するようにビームが形成されていた状態から、障害物3 0

5の出現により経路U 0が遮断され、その結果別な方向U 1とU 2の2方向から所望波が到来することを示している。

【0 0 1 2】通常ビームステアリング制御のみにより適応アンテナ装置を構成する場合、1つのビーム幅（半値幅）は1 0度以内と狭く、さらにダイバーシチ効果を得るために複数のビームをオーバーラップさせつつ、ずらして配置するのが一般的である。従って、例えば図1 5に示すビーム3 0 7、ビーム3 0 8、ビーム3 0 9の3本だけしか用いないシステムでは、伝搬特性の変動によって所望波の到来方向U 0がU 1とU 2に変化した場合はビームの範囲外になってしまう。

【0 0 1 3】もちろん、このような伝搬特性の変動に対応できるように新たなビーム3 0 6とビーム3 1 0を追加して予めより多くのビームを用意し、広い角度をカバーするようにしておけばよいが、あまり多くのビームを用意しすぎると逆に余分な電波を拾うことになり、適応アンテナとしての効果が薄れることになる。また、伝搬特性の急激な変化に対応できる高速な適応アルゴリズムを用いるという対策も考えられるが、前述のとおり実装面での問題がある。

【0 0 1 4】別な従来例として、ヌルステアリング制御のみを用いた場合を説明する。図1 6は従来のヌルステアリング制御のみで形成されたビームを利用した移動通信システムの基地局におけるアンテナ指向特性を示した動作概念図である。図1 6に示すように、ビーム3 0 4は、ヌルステアリングに基づくアルゴリズムにより生成されたビームを示し、このようなヌルステアリング制御による適応アンテナでは干渉波の到来方向に鋭いヌル点（アンテナの指向特性における急激な利得低下点）を形成するように制御している。

【0 0 1 5】図中U 0は、所望波の到来方向を示し、I 0、I 1、I 2、I 3、I 4はそれぞれ当初の干渉波の到来方向を示している。そして、その後に干渉波I 5、I 6、I 7が新たに到来し、アンテナの自由度（アンテナエレメント数に依存して決定する値）を越えた数の干渉波が到来した場合を示しており、このためI 5とI 6の干渉波に対してヌル点を形成することができない。

【0 0 1 6】さらに所望波U 0に近接した干渉波I 7に対してヌル点を形成しようとした結果、所望波U 0に対する指向性利得が低減している状態も表している。図1 6は、上記のようなヌルステアリング制御における問題を概念的に例示したもので、アンテナの自由度を超えて到来した干渉波によって引き起こされる問題を説明している。

【0 0 1 7】また、別な従来例として、通常パスを追従するビーム（メインビーム）とは別に、頻繁に指向性を制御することのない広いビームを持った補助ビーム（バックアップビーム）を併用することでメインビームで追従しきれない範囲をカバーする技術があり、これは図1

5で示すセクタ300の全エリアをカバーするセクタビーム（適応アンテナを用いない従来の固定ビーム、もしくは適応アンテナを用いるが適応制御はしない半固定ビーム）を用意し、伝搬特性の変化により適応アンテナビームで到来波を捕らえられなくなった場合のバックアップ用として用いるというものである。

【0018】この方法は、バックアップビームを用いていない（通信に寄与していない）短時間に限って見ると、適応アンテナそのものの性能を発揮していると言えるが、長い時間平均をとってシステム性能を見た場合、伝搬環境が常にしかも急激に変化する移動通信においては補助ビームを使用する頻度が高くなることが予想され、バックアップビームが機能する（通信に寄与する）頻度に反比例して、適応アンテナ装置としての性能は劣化することになる。

【0019】即ち、ある期間の3割をこの補助ビームに依存し、残り7割をメインビームで受信すると、せっかくの適応アンテナとしての性能がメインビーム単体の性能から時間平均で約3割低下することになってしまう。

【0020】また、同じ移動通信システムにおいてもそのときの周囲環境に応じて異なる伝搬モデルがあることが知られており、それぞれに適した適応アンテナの指向性制御方法というものが考えられている。

【0021】このことを利用した別な従来例として、受信しながら伝搬環境に関する統計計算を行い、その伝搬モデルに応じて制御アルゴリズムを切り替えるという適応アンテナ装置がある。具体的な実現方法は、メモリに複数の制御アルゴリズムを記憶しておき、伝搬環境に応じて適したアルゴリズムをプロセッサが切り換えて使用するという方法から、FPGA（Field Programmable Gate Array＝書き換えが可能なゲートアレイ回路）のような回路構成を変更できるハードウェアを使用して、適宜ハードウェアの構成までも変更してしまおうというもののまでである。

【0022】

【発明が解決しようとする課題】これまで説明したように、従来の適応アンテナ装置では実際に発生する時々刻々の伝搬環境に追従することは困難であるため、ある程度の短い期間の伝搬環境を時間平均して、その特性を包括するように指向性制御を行うのが一般的であった。但し、このような制御では一時的に発生する環境変化による制御の発散を抑制することはできても、シャドウイング（通信端末が構造物等の物陰に移動した際に起こる急激な伝搬環境の変化）等による急激でしかもある程度の期間継続する伝搬環境の変化に素早く追従することができないという問題点を抱えている。

【0023】即ち、この伝搬モデルという抽象物の変化点を明確に捉えることは、非常に困難であるばかりでなく統計的に得られる情報であるため、判定までに遅延が生じることに加え、アルゴリズムの切替に要する物理的

な遅延が発生するというものである。具体的には、ビームステアリング制御の欠点はシャドウイング等による急激な伝搬環境の変化に弱い点にあり、一方マルチステアリング制御の欠点はアンテナの自由度を越えると適応性が劣化する点にある。

【0024】本発明の目的は、適応アンテナ装置を実用化するにあたっての課題として①急激な伝搬環境への対応、②適応アンテナとしての性能の維持、③伝搬環境に適したアルゴリズムの採用という3点に注目し、これらを同時に克服するためにビームステアリング制御とマルチステアリング制御の欠点を補いつつ、両者を併用する方式を提案するものである。

【0025】

【課題を解決するための手段】上記の課題を解決するためになされた本発明の適応アンテナ装置は、複数のアンテナアレーと、当該アンテナアレーと接続された基地局装置とを有する適応アンテナにおいて、（イ）前記複数のアンテナアレーは、空間的に配置された各アンテナエレメントを有し、（ロ）前記基地局装置は、各アンテナエレメントに入出力する無線信号の振幅と位相を変化させることにより、通信電波が到来する指定された範囲と方向に対して無線エネルギーを増大すると同時に干渉電波が到来する範囲と方向に対して無線エネルギーを相殺するように複数のアンテナアレーによって合成された指向特性を形成する手段を有し、（ハ）前記合成された指向特性は、狭ビームを形成してアンテナ利得の最大部分を通信電波の到来方向に向ける制御を行うビームステアリング指向性制御手段と、アンテナ利得の急激な落ち込み部分を干渉電波の到来方向に向けると同時にアンテナ利得の高い部分を通信電波の到来方向に向ける制御を行うマルチステアリング指向性制御手段を併用すると共に、前記基地局装置の受信部において、前記ビームステアリング指向性制御で形成したビームで受信する信号とマルチステアリング指向性制御で形成したビームで受信する信号とを重み付け合成する手段を具備させる。

【0026】また、前記ビームステアリング指向性制御手段とマルチステアリング指向性制御手段は、（イ）当該制御手段と同時または微小時間毎交互に時分割で実行される到来方向推定手段を有し、（ロ）前記到来方向推定手段は、前記複数のアンテナアレーで受信されて得られる異なる振幅と位相の受信波から所望波の到来方向を推定し、当該推定結果を前記ビームステアリング指向性制御手段とマルチステアリング指向性制御手段のパラメータ情報である角度プロファイルとすることを具備させる。

【0027】また、前記ビームステアリング指向性制御手段は、（イ）目的とするビーム幅と、ビームを向ける方向を決定するための角度プロファイルと、過去から継続して制御を行う時のみ前回使用したビーム幅や角度プロファイルのパラメータを制御情報として入力し、

（ロ）前記制御情報を基に指向性パターンを作成すると

とを具備させる。

【0028】また、前記マルチステアリング指向性制御手段は、(イ)ビームを向ける方向を決定するための角度プロファイルと、過去から継続して制御を行う時のみ前回使用した角度プロファイルのパラメータを制御情報として入力し、(ロ)前記制御情報を基に指向性パターンを作成することを具備させる。

【0029】また、前記基地局装置の受信部におけるビームステアリング指向性制御で形成したビームで受信する信号とマルチステアリング指向性制御で形成したビームで受信する信号とを重み付け合成する前に、(イ)予め決められたしきい値と比較を行い、しきい値を上回っていれば重み付け合成処理を行い、(ロ)しきい値を下回っていれば重み付け合成処理を行わずに一定時間の遅延処理を行い再びしきい値との比較処理を繰り返す手段を具備させる。

【0030】また、前記基地局装置における合成された指向特性を形成するブロック構成は、(イ)ビームステアリング制御を行う指向性生成部とCPU(中央制御部)とメモリを有する構成と、(ロ)マルチステアリング制御を行う指向性生成部とCPU(中央制御部)とメモリを有する構成を併設することを具備させる。

【0031】即ち、本発明では、適応アンテナ装置を実用化するにあたっての課題として①急激な伝搬環境への対応、②適応アンテナとしての性能の維持、③伝搬環境に適したアルゴリズムの採用という3点に注目し、これらを同時に克服することができる。

【0032】

【発明の実施の形態】(第一の実施の形態)以下に図面を参照しつつ、本発明における第一の実施の形態を説明する。まず本発明のブロック構成を説明する。図1は本発明の適応アンテナを搭載した基地局の構成を表すブロック図である。図1に示すように、基地局装置1とアンテナアレー2とから成り、さらに基地局装置1はHWY(ハイウェイ)インタフェース部3と基地局制御部4とベースバンド変復調部5と無線変復調部6と送受信増幅部7から構成される。なお、HWYインタフェース部3と基地局制御部4を分けて示しているが、機能的に同一ブロックとする場合もある。

【0033】HWYインタフェース部3は、基地局装置1とその上位局(基地局制御装置)との回線インタフェースを司るブロックである。基地局制御部4は、基地局全体の監視や制御を行うブロックである。ベースバンド変復調部5は、ユーザデータの符号化/復号化や変復調(CDMAの場合には一次変復調)を行う。無線変復調部6は、ベースバンド変復調部5で変調された信号を高周波帯へアップコンバートや送受信増幅部7から入力される高周波信号をベースバンド帯へのダウンコンバートを行う。送受信増幅部7は、高周波帯の送信電波の増幅や受信電波の増幅を行うブロックである。

【0034】図2は本発明における基地局装置1の詳細な構成を表すブロック図である。図2に示すように、図1と同一の構成部分を指すブロックには同一の番号を付し、また、HWYインタフェース部3と基地局制御部4は本発明の内容に直接関連しないので同一ブロックで示している。

【0035】ベースバンド変復調部5は、ベースバンド変調部10~12とベースバンド復調部25~27とCPU(中央制御部)41とCPUが使用するメモリ40から成る。図中に示したベースバンド変調部およびベースバンド復調部のブロック数はいずれも3個ずつの例を示しているが、実際には1つの基地局装置で担うユーザ数に応じて決定されるものである。

【0036】無線変復調部6は、無線変調部13~16と無線復調部28~31から成る。この図2に示した無線変調部と無線復調部それぞれの数は、アンテナアレー2に含まれる送信用と受信用の各アンテナエレメントと同じ数だけ用意される。

【0037】送受信増幅部7は、送信増幅部17~20と受信増幅部32~35から成り、それぞれの増幅部の数も無線変復調部と同様に送信用と受信用の各アンテナエレメントと同じ数だけ用意される。

【0038】アンテナアレー2は、送信用アンテナエレメント21~24と受信用アンテナエレメント36~39で構成される。なお、ここでは送信用アンテナエレメントと受信用アンテナエレメントを分けて記載したが、アンテナ共用器を用いることで送受信共用アンテナとすることもできる。

【0039】また、基地局装置1は別な見方をすると、送信部8と受信部9に分けることもできる。送信部8には、ベースバンド変調部10~12と無線変調部13~16と送信増幅部17~20が含まれ、受信部9には、ベースバンド復調部25~27と無線復調部28~31と受信増幅部32~35がそれぞれ含まれる。

【0040】図3は本発明における図1と図2で示したベースバンド変復調部5とその中のベースバンド変調部およびベースバンド復調部の詳細な構成を表すブロック図である。図3に示すように、送信側のベースバンド変調部はユーザデータの符号化等を行う一次変調部100と指向性生成部101と指向性生成部102から成り、受信側のベースバンド復調部は指向性生成部104と指向性生成部105と一次復調部103から成る。

【0041】指向性生成部は1つの一次変調部に対して2つ用意され、同様に一次復調部に対しても2つ用意される。これは本発明の適応アンテナ装置が一つの通信端末に対して2つのアルゴリズムでビームを生成するためである。従って、本発明の適応アンテナ装置の応用として3つ以上のアルゴリズムを併用する場合には、1つの一次変調部もしくは一次復調部に対して併用するアルゴリズムと同数の指向性生成部を組み合わせればよいこと

になる。

【0042】図3における送信側の構成に関する説明を行う。ベースバンド変調部に入力された信号は一次変調部100で誤り訂正等のための符号化処理とCDMA拡散のための一次変調処理が行われる。この出力は指向性生成部101と指向性生成部102に入力され、各指向性生成部で指定アルゴリズムに従った指向性情報が与えられる。例えば、CPU108がヌルステアリングの制御を実行し、CPU109がビームステアリングの制御を実行する場合には、CPU109に接続された指向性生成部101がビームステアリングのビームを生成し、CPU108に接続された指向性生成部102がヌルステアリングのビームを生成することになる。

【0043】図3における受信側の構成に関する説明を行う。各アンテナエレメントから受信された信号はそれぞれのエレメントに対応する受信増幅部と無線復調部を通して指向性生成部104と指向性生成部105に入力される。それぞれの指向性生成部に入力された信号はCPU108とCPU109の制御によって、それぞれの指向性生成部で異なったアルゴリズムに従った受信処理が行われる。各指向性生成部で処理された信号は一次復調部103へ入力され、誤り訂正復号やCDMA逆拡散等の復調処理が行われる。また、異なるアルゴリズムにより生成されたビームで受信された信号は互いに相関性が低いことから、これらの復号処理に先立ち重み付け合成や選択合成などのダイバーシチ合成されることが多い。

【0044】次に、図3ではCPU41が2つのCPU108とCPU109で構成され、メモリ40も2つのメモリ106とメモリ107でそれぞれ構成されており、メモリ106とメモリ107は、それぞれ接続されたCPUが担当するアルゴリズムや指向性を制御する際のデータ格納領域として使用される。即ち、この2つのCPUとメモリは本発明で用いる2つのアルゴリズムに対応して設けられている。このようにして一つの無線通信に対する2つのアルゴリズムをそれぞれ独立して制御することが可能となる。

【0045】図4は本発明の図3における2つのCPU108とCPU109を1つのCPU111とし、メモリ106とメモリ107を1つのメモリ110としたベースバンド変調部およびベースバンド復調部の詳細な構成を表す別のブロック図である。図4に示すように、これは2種類のアルゴリズムを1つのCPU上で動作させることにより、制御部分の構成を半分にしたもので、2つのアルゴリズム処理を1つのCPUにおいて時分割で実行し、メモリにおいても内部アドレス領域を2つに分割してそれぞれのアルゴリズム処理で使用することにより、物理的に1つのCPUとメモリで2つのアルゴリズム処理を共有したものである。

【0046】図5は本発明の図3における指向性生成部

の機能を表す詳細ブロック構成図である。図5では、送信側の動作を図示しているが、受信側においてもデータの流れ(矢印の向き)が逆になるだけで、基本的な機能構成は同じとなる。図5に示すように、指向性生成部は可変移相器200~202と可変減衰器203~205が縦列接続された構成になっており、1つの入力に対して同様の構成をしたブロック部分がアンテナエレメントと同数だけ並列に接続されている。各可変移相器200~202と可変減衰器203~205はCPUからの制御信号により入力された信号の位相成分と振幅成分を各々変更することで、アレーアンテナ全体の指向特性を制御し、適応アンテナ装置を構成する。

【0047】ここで、指向性を制御する原理について基地局の受信側を例にとりて説明すると、アンテナアレー2における各エレメントは規則的に配置されており、空間的に見ると各アンテナエレメントと通信端末のアンテナ間の距離はそれぞれ異なっている。即ち、同じ信号を通信端末のアンテナから送信しても、基地局の各アンテナエレメントに到達するときの信号の位相と振幅はどのエレメントが受信したかによってまちまちとなる。

【0048】従って、例えば通信端末のアンテナから送信された信号を基地局の二つのアンテナエレメントが受信した場合において、その二つの信号が受信増幅部と無線復調部を経由して指向性生成部に到達したとき、互いの振幅が同じで位相が180°異なると両方の信号はちょうど打ち消されて、基地局にとっては信号が受信されていないのと同じ状態になる。逆に二つの信号の位相がぴったり同じであればそれらを合わせたときの振幅は2倍になり、基地局において2倍強い(電力では4倍強い)信号が受信されたことになる。

【0049】このような原理により通信端末のアンテナから送信された信号が基地局の各アンテナエレメントと受信増幅部と無線復調部と指向性生成部を経由して一次復調部に到達するときに、全ての信号が同位相かつ最大振幅となるように基地局のベースバンド復調部における指向性生成部(受信指向特性)を制御する。これにより基地局の受信処理において基地局のアンテナエレメント数に指数的に比例した電力の信号を再生することができる。

【0050】さらに同様な原理により基地局において所望の通信端末から送信された信号を受信する場合において、他の通信端末から送信された干渉波を打ち消すように基地局のベースバンド復調部における指向性生成部を制御する。これにより基地局の受信処理において干渉波の少ない良い条件で所望の信号を再生することができる。なお、以上の指向性を制御する原理については、基地局の受信処理を例にとりて説明したが、基地局の送信処理も同じである。そして、図5の構成は指向性生成部の機能を表したブロック構成図であるが、実際にはデジタル信号処理された信号の位相成分と振幅成分を変更

することにより、移相器や減衰器等価な機能を実現している。

【0051】このように、複数のアルゴリズムに対応したCPUとメモリと指向性生成部をベースバンド変調部とベースバンド復調部に設けることにより、本発明における適応アンテナ装置の構成を実現することができる。

【0052】図6は本発明の基地局におけるアンテナ指向特性を示す動作概念図である。図6に示すように、ここでは、セル（基地局のサービスエリア）内で通信端末が通信をしながら移動したときの所望波および干渉波の到来方向と、本発明の適応アンテナ装置により生成されたアンテナ指向性との関連を模式的に示している。

【0053】セルをいくつかに分割したエリアはセクタと呼ばれ、図6では1つのセルを3つに分割した3セクタ構成を例として示している。なお、本発明は3セクタ構成に限定するものではなく、セクタの数は任意である。それぞれのセクタをセクタ300、セクタ301、セクタ302とし、通信端末はセクタ300内にいるものとしている。図中U0は所望波の到来方向を示し、I0、I1、I2、I3、I4はそれぞれ干渉波の到来方向を示している。

【0054】ビーム303は、ビームステアリング制御に基づくアルゴリズムにより生成された狭ビーム（メインローブの半値幅が10度未満）であり、ビーム304は、ヌルステアリング制御に基づくアルゴリズムにより生成されたビームをそれぞれ示し、いずれも各制御が収束した（安定した＝変化が無い）状態を表している。

【0055】次に、図6に示した構成の各要素がそれぞれどのように動くかを別の図を参照して説明する。図10は本発明における適応アンテナ装置（主に受信部）の基本動作を示すフローチャート図である。図10に示すように、動作開始と同時に制御は3種類のフローに分かれ、それぞれのフローは同時または微少時間毎交互に時分割で実行される。

【0056】3種類のフローのうち1つはビームステアリング制御で、もう1つはヌルステアリング制御、そして最後の1つは到来方向推定である。ビームステアリング制御とヌルステアリング制御の2つのフローでは、ともに最初にパラメータの初期化を行った後（ステップa1、ステップa2）、それぞれの制御アルゴリズムに従って指向性制御を行いビームを生成する（ステップa3、ステップa4）。そして、それぞれのビームから受信される受信波を受信強度、または受信品質等の評価関数に応じて重み付け合成する（ステップa5）。その後再びそれぞれの制御動作にループバックし、同様の動作を繰り返す。

【0057】一方、到来方向推定のフローは、複数のアンテナエレメントで受信されて得られる異なる振幅・位相の受信波から所望波の到来方向を推定し（ステップa6）、その結果をビームステアリング制御とヌルステア

リング制御におけるパラメータ情報の角度プロファイルとして各制御処理に送り込む。そしてこれら3種類のアンテナ指向性制御動作が収束すると、一連の処理を抜け出し終了する。

【0058】図11は本発明における図10に示したステップa3（ビームステアリング制御）の動作を示すフローチャート図である。ビームステアリング制御にも厳密には様々なアルゴリズムがあるが、ここでは特に細かいアルゴリズムの種類については言及せず、全体に共通する動作のみを示している。

【0059】図11に示すように、ビームステアリング制御を行う場合には、目的とするビーム幅と、ビームを向ける方向を決定するための角度プロファイル、そして過去から継続して制御を行う場合には過去に使用したパラメータを事前制御情報として入力し（ステップb1）、目的のビームを生成する（ステップb2）。ここで、角度プロファイルは図1の到来方向推定（ステップa6）から得られる情報である。初めて制御を行う場合もしくはパラメータを初期化された後の最初の制御では過去に使用したパラメータ（事前情報）は入力データとして用いない。

【0060】同様に図12は本発明における図10に示したステップa4（ヌルステアリング制御）の動作を示すフローチャート図である。図12に示すように、ヌルステアリング制御を行う場合には、ビームを向ける方向を決定するための角度プロファイル、そして過去から継続して制御を行う場合には過去に使用したパラメータを事前制御情報として入力し（ステップc1）、目的のビームを生成する（ステップc2）。ビームステアリング制御と異なるのはビーム幅に関するパラメータがないことであり、それ以外は同じパラメータで動作する。

【0061】このような動作に基づき指向性制御が収束した場合のアンテナ指向性の様子を示したのが、先に説明した図6である。なお、図6～図9において、基地局はセル（図中の円）の中心に位置するものとしている。図6に示すように、所望波の到来方向U0をビーム303とビーム304の両方でカバーしており、ビーム303はビームステアリング制御により所望波の到来方向U0へビームの最大利得部分が向けられるように制御する。

【0062】一方ビーム304はヌルステアリング制御により各干渉波の到来方向I0、I1、I2、I3、I4にヌル点を形成すると同時に、所望波の到来方向U0にできるだけ利得の高いローブを形成することで受信波の最大品質が得られるように制御する。

【0063】ここで、通信端末－基地局間の伝搬特性が急激に変化した場合を説明する。図7は通信端末の移動に伴い、基地局と通信端末の間に障害物305が現れた場合を表した動作概念図である。図7に示すように、障害物305がこれまでの到来方向U0を遮断し、その結

果別な方向U1とU2の2方向から所望波が到来することを示している。

【0064】なお、ビームステアリング制御におけるビーム幅の制御は、通信端末-基地局間の伝搬特性が急激に変化したため、現時点では図6の収束状態から変化することができない。このため、このような状況下ではもはやビーム303は所望波を受信することはできないが、ビーム304を用いてU1とU2からの所望波を受信することができる。この時点では、ビーム304はU1、U2に対してはまだ最適な制御ができていないが、基地局における受信動作に関しては少なくとも通信が切断されるほどの致命的ダメージを受ける可能性は回避できる。

【0065】このことは、一般に端末から基地局方向に到来するパス群の成す角度が(周波数とセルの半径にもよるが)おおよそ数十度の範囲内に存在すること、およびヌルステアリング制御に基づく指向性制御では鋭いヌルを形成することに主眼が置かれるため、メインローブの幅が広めになることからこのように言える。

【0066】図8は図7の状態からさらに時間が経過してビーム304がU1、U2を最適な状態で受信できるように制御された場合を表した動作概念図である。図8に示すように、U1、U2を受信できるようにビーム304のメインローブが拡大されている。このため当面はビーム304を用いて受信動作を継続できる。

【0067】図9は図8の状態から短時間で障害物305が除去された場合を表した動作概念図である。図9に示すように、このような状態になった場合でも、再びビーム303で到来波U0をカバーすることができる。もちろんビーム304も最適状態ではないがU0を捉えることができる。

【0068】このように、ビームステアリング処理とヌルステアリング処理と到来方向推定処理を並列に行い、到来方向推定処理結果をビームステアリング処理とヌルステアリング処理のパラメータに反映させつつ、ビームステアリング処理結果とヌルステアリング処理結果を重み付け合成処理することにより、本発明における適応アンテナ装置の動作を実現することができる。

【0069】(第二の実施の形態)図13は本発明における第二の実施形態の適応アンテナ装置(主に受信部)基本動作を示すフローチャート図である。図13に示すように、図10と同じ動作のフローには同じ番号を付与し、動作説明は一部省略する。図10と異なるのは、各ビーム制御結果を重み付け合成(フローa5)する前に、しきい値との比較を行う(フローd1、d2)点と、その比較結果に応じて重み付け合成(フローa5)かスリープモード(フローd3、d4)のいずれに移行するという点である。

【0070】図13において、動作開始と同時に制御は3種類のフローに分かれ、それぞれのフローは同時また

は微少時間毎交互に時分割で実行される。3種類のフローのうち1つはビームステアリング制御で、もう1つはヌルステアリング制御、そして最後の1つは到来方向推定である。ビームステアリング制御とヌルステアリング制御の2つのフローでは、ともに最初にパラメータの初期化を行った後、それぞれの制御アルゴリズムに従って指向性制御を行いビームを生成する。

【0071】そして、指向性制御したビームで受信した信号の出力を予め決められたしきい値と比較を行い(フローd1、d2)、それを上回っていれば重み付け合成処理に移行し、下回っていれば重み付け合成処理を行わずに制御周期を遅くするためにスリープモードに移行する(フローd3、d4)。その後スリープモードを終了すると再びしきい値との比較処理にループバックし、同様の動作を繰り返す。

【0072】図14は本発明の第二の実施形態におけるスリープモードの詳細動作を示すフローチャート図である。図14に示すように、スリープモードに入ると、はじめに自分がスリープモードに入ったことを相手側へ(ビームステアリング制御側にとってはヌルステアリング制御側へ、ヌルステアリング制御側にとってはビームステアリング制御側へ)通知して(フローe1、e2)、Wait動作に入る(フローe3)。

【0073】Wait動作中は、基本的に制御は何も行わないが、相手側からのスリープモード通知が来た場合には直ちにWait状態から抜けて次のフローへと移行する。即ち、あらかじめ決められた遅延時間が過ぎるか、相手側のスリープモード通知がきたことによりWait動作から強制的に抜け出ることになる。その後パラメータの初期化を行い(フローe4)、再び各アルゴリズム方式に従って制御を更新して(フローe5)スリープ動作を終了する。

【0074】このように、ビームステアリング処理とヌルステアリング処理と到来方向推定処理を並列に行い、到来方向推定処理結果をビームステアリング処理とヌルステアリング処理のパラメータに反映させつつ、ビームステアリング処理結果とヌルステアリング処理結果を予め決められたしきい値と比較し、しきい値を上回った場合は直ちに重み付け合成処理を行い、しきい値を下回った場合はしきい値を上回るまで一定時間待機した後に重み付け合成処理することにより、本発明の第二の実施形態における適応アンテナ装置の動作を実現することができる。

【0075】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、ビームステアリング制御による狭ビームとともにヌルステアリング制御による広めのビームを併用し、重み付け合成して受信することで一種のバックアップビームを常に形成することができるため、伝搬特性が急激に変化した場合でも通信切断等の致命的なダメージを移動通信シ

システムに与えることがなく安定した品質のサービスを提供することができる。

【0076】また、ビームステアリング制御による狭ビームとともにヌルステアリング制御による広めのビームを併用することで各制御における独立形成されたビームから得られた受信波を用いることができ、このためそれぞれのパスの相関が低く、しかもそれぞれの制御に基づく最適パスとすることができるため、非常に高いダイバシティ利得を得ることができる。

【0077】さらに、ビームステアリング制御とヌルステアリング制御のそれぞれ性質の異なる制御を併用することで各々の制御は独立性が高く、しかもそれぞれの最適解を合成することができるため、複数のビームを同時に用いて受信するにも関わらず、適応アンテナとしての性能の劣化がない。

【0078】また、ビームステアリング制御とヌルステアリング制御のいずれかの制御系が受信に寄与しなくても直ちに制御を更新するのではなく、スリープモードによる遅延処理を経由することで一定時間のヒステリシスを持たせており、瞬間的な伝搬特性の変化に対して過敏に反応することがないため、適応アンテナ装置における制御が発散するのを防ぐことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の適応アンテナを搭載した基地局の構成を表すブロック図である。

【図2】本発明における基地局装置1の詳細な構成を表すブロック図である。

【図3】本発明における図1と図2で示したベースバンド変復調部5とその中のベースバンド変調部およびベースバンド復調部の詳細な構成を表すブロック図である。

【図4】本発明の図3における2つのCPU108とCPU109を1つのCPU111とし、メモリ106とメモリ107を1つのメモリ110としたベースバンド変調部およびベースバンド復調部の詳細な構成を表す別のブロック図である。

【図5】本発明の図3における指向性生成部の機能を表す詳細ブロック構成図である。

【図6】本発明の基地局におけるアンテナ指向特性を示す動作概念図である。

【図7】通信端末の移動に伴い、基地局と通信端末の間には障害物305が現れた場合を表した動作概念図である。

【図8】図7の状態からさらに時間が経過してビーム304がU1、U2を最適状態で受信できるように制御された場合を表した動作概念図である。

【図9】図8の状態から短時間で障害物305が除去された場合を表した動作概念図である。

【図10】本発明における適応アンテナ装置（主に受信部）の基本動作を示すフローチャート図である。

【図11】本発明における図10に示したステップa3（ビームステアリング制御）の動作を示すフローチャート図である。

【図12】本発明における図10に示したステップa4（ヌルステアリング制御）の動作を示すフローチャート図である。

【図13】本発明における第二の実施形態の適応アンテナ装置（主に受信部）基本動作を示すフローチャート図である。

【図14】本発明の第二の実施形態におけるスリープモードの詳細動作を示すフローチャート図である。

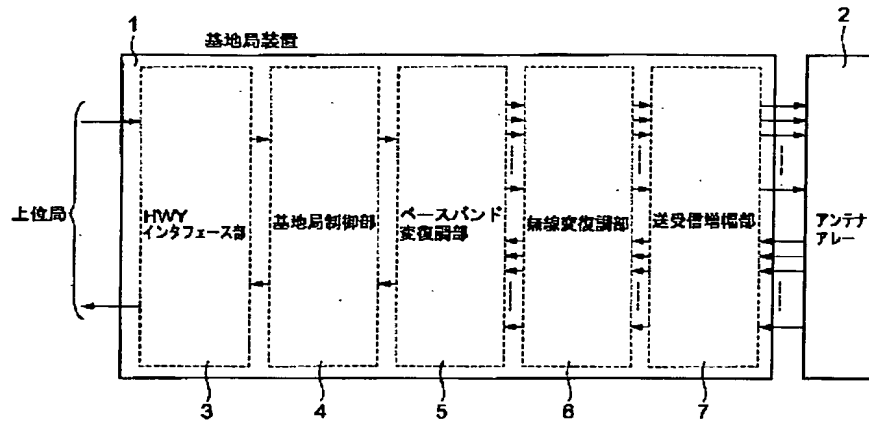
【図15】従来のビームステアリング制御のみで形成されたビームを利用した移動通信システムの基地局におけるアンテナ指向特性を示した動作概念図である。

【図16】従来のヌルステアリング制御のみで形成されたビームを利用した移動通信システムの基地局におけるアンテナ指向特性を示した動作概念図である。

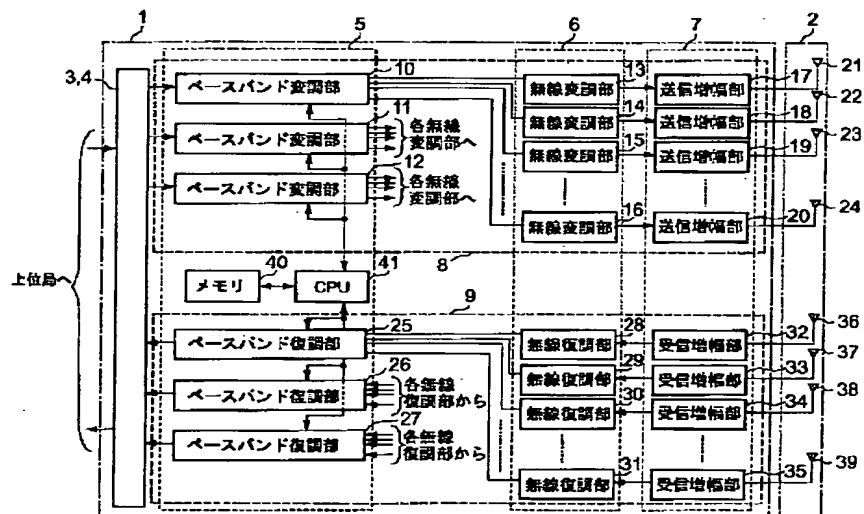
【符号の説明】

- | | |
|-------------|--------------------|
| 1 | 基地局装置 |
| 2 | アンテナアレー |
| 3 | HWY（ハイウェイ）インタフェース部 |
| 4 | 基地局制御部 |
| 5 | ベースバンド変復調部 |
| 6 | 無線変復調部 |
| 7 | 送受信増幅部 |
| 8 | 送信部 |
| 9 | 受信部 |
| 10、11、12 | ベースバンド変調部 |
| 13、14、15、16 | 無線変調部 |
| 17、18、19、20 | 送信増幅部 |
| 21、22、23、24 | 送信用アンテナエレメント |
| 25、26、27 | ベースバンド復調部 |
| 28、29、30、31 | 無線復調部 |
| 32、33、34、35 | 受信増幅部 |
| 36、37、38、39 | 受信用アンテナエレメント |
| 40 | メモリ |
| 41 | CPU（中央制御部） |
| 100 | 一次変調部 |
| 101、102 | 指向性生成部（送信側） |
| 103 | 一次復調部 |
| 104、105 | 指向性生成部（受信側） |
| 106、107、110 | メモリ |
| 108、109、111 | CPU（中央制御部） |
| 200、201、202 | 可変移相器 |
| 203、204、205 | 可変減衰器 |
| 300、301、302 | セクタ |
| 303 | ビームステアリング制御に基づくビーム |
| 304 | ヌルステアリング制御に基づくビーム |
| 305 | 障害物 |

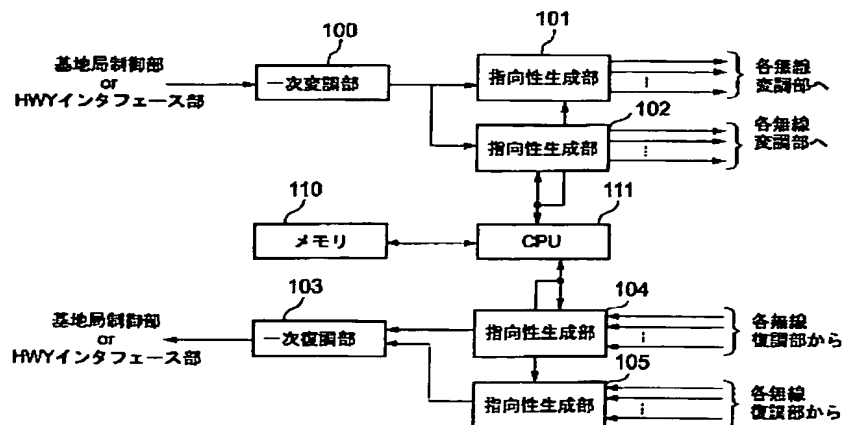
【図1】



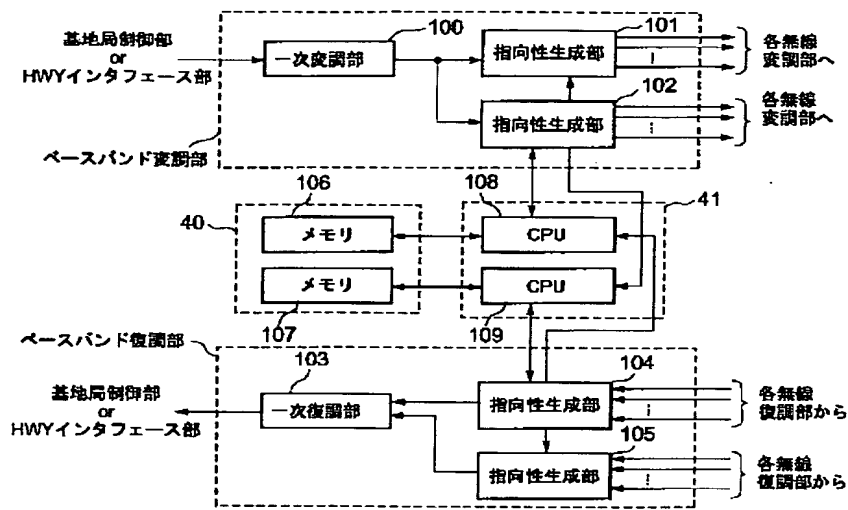
【図2】



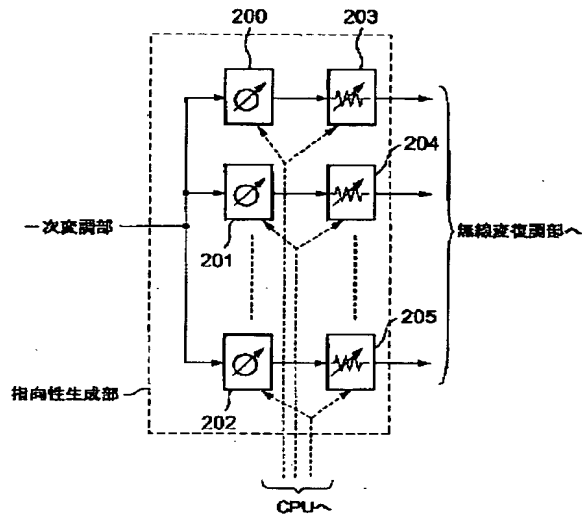
【図4】



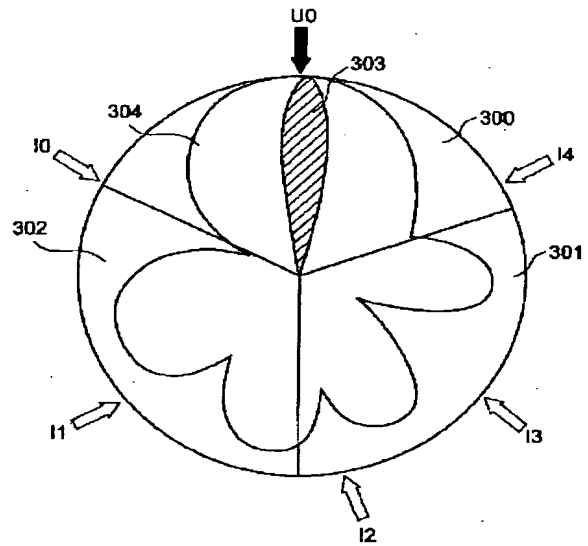
【図3】



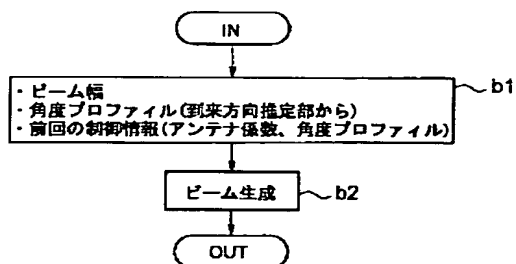
【図5】



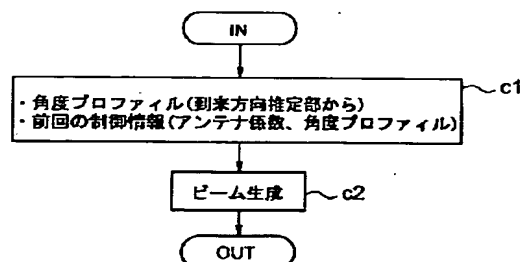
【図6】



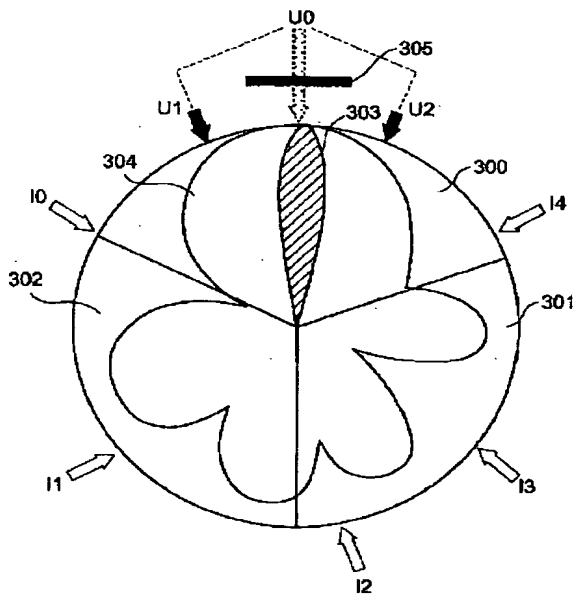
【図11】



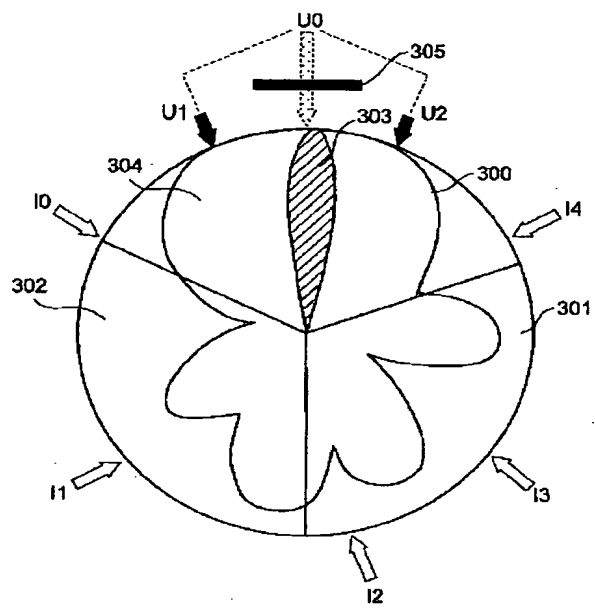
【図12】



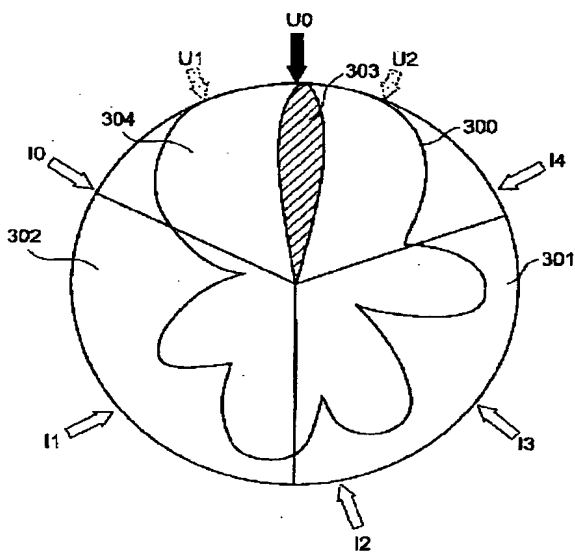
【図 7】



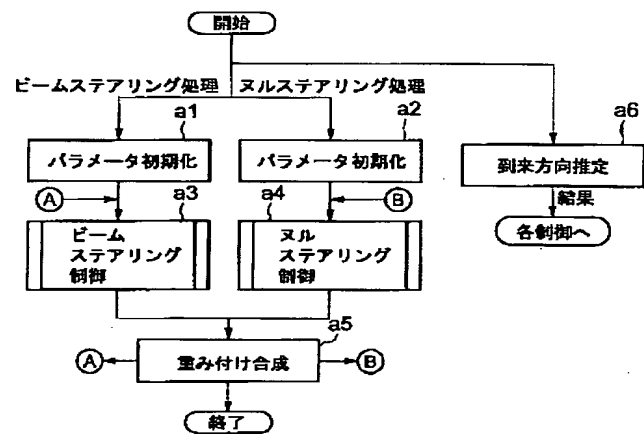
【図 8】



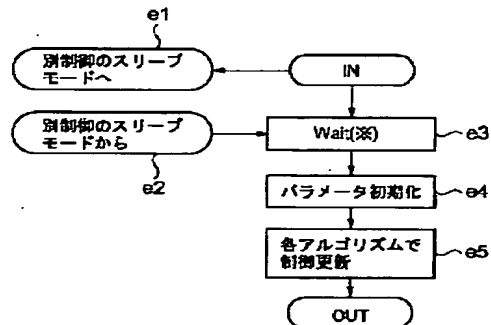
【図 9】



【図 10】

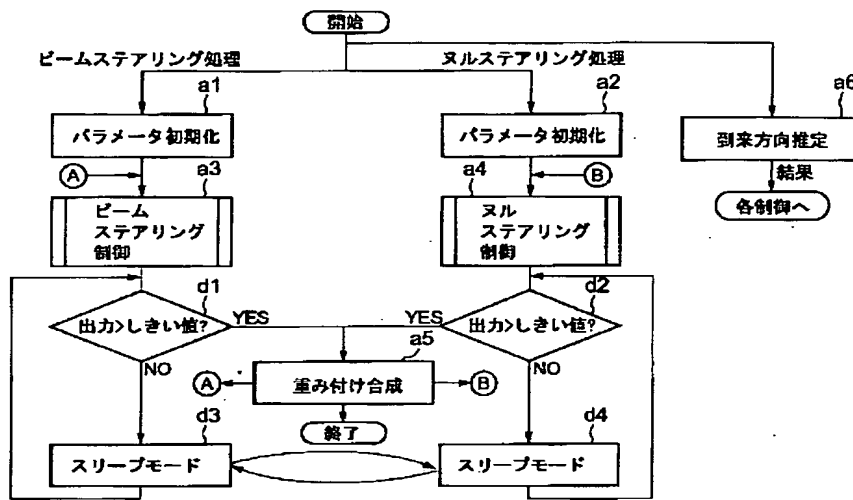


【図 14】

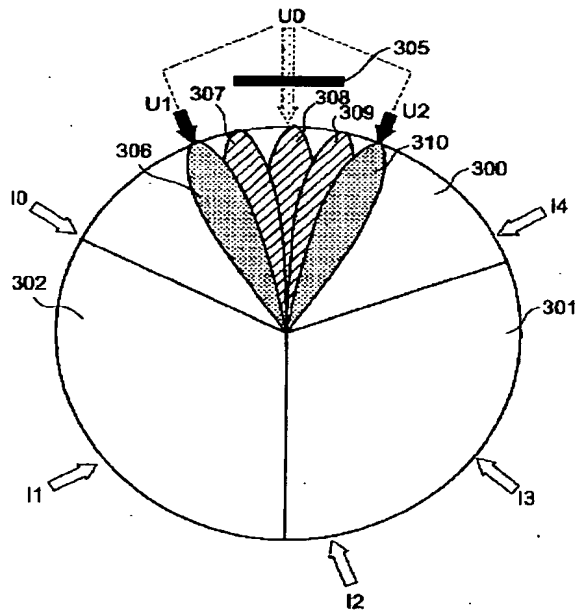


※別の制御もスリープモードのときは、直ちにWaitから抜ける

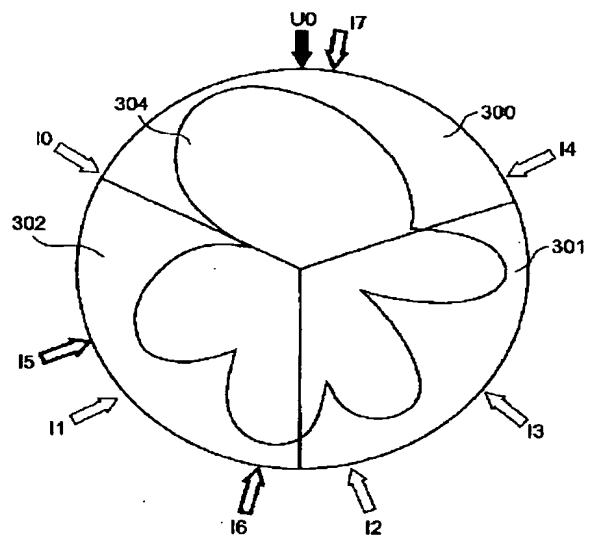
【図13】



【図15】



【図16】



フロントページの続き

Fターム(参考) 5J021 AA05 AA06 CA06 DB02 DB03
EA04 FA05 FA14 FA15 FA16
FA17 FA20 FA24 FA26 FA29
FA30 FA32 GA02 HA05 HA10
5K052 AA14 BB01 CC00 DD04 FF00
FF29 FF32 FF34 GG19 GG20
GG31 GG57
5K067 AA03 AA23 BB00 CC00 CC10
EE02 FF00 KK00 KK03 KK13
KK15
5K072 AA02 AA22 BB13 CC20 DD11
EE00 EE11 GG00 GG05 GG40